Introducción a la teoría de la evolución. Lamarck y Darwin: variaciones al azar vs. herencia de caracteres adquiridos. Selección natural. Mutaciones.

Un poco de historia

Leé el siguiente texto:

> RECETA PARA FABRICAR RATONES
>
> ... "Las criaturas tales como los piojos, garrapatas, pulgas y gusanos son nuestros miserables huéspedes y vecinos, pero nacen de nuestras entrañas y excrementos. Por que si colocamos ropa interior llena de sudor con trigo en un recipiente de boca ancha, al cabo de veintiún días el olor cambia y el fermento, surgiendo de la ropa interior y penetrando a través de las cáscaras de trigo, cambia el trigo en ratones. Pero lo que es más notable aún es que se forman ratones de ambos sexos, y que éstos se pueden cruzar con ratones que hayan nacido de manera normal...
>
> Pero lo que es verdaderamente increíble es que los ratones que han surgido del trigo y la ropa intima sudada no son pequeñitos ni deformes, ni defectuosos, sino que son adultos perfectos... "
>
> van Helmont, *0rtus Medicinae*, 1667.

Durante los siglos XVI y XVII aún se mantenía la idea de la **generación espontánea** de la vida. Es decir que los seres vivos podían crearse de las cosas inanimadas y de la materia orgánica en descomposición. Como en el texto anterior, existía un gran número de explicaciones semejantes sobre el origen de otros organismos. Por ejemplo, que a partir de los cabellos de mujeres rubias se formaban serpientes, o que del interior de las rocas se formaban sapos.

Pero dos experimentos muy sencillos realizados por Francisco Redi (1626-1698) y Louis Pasteur (1822-1895) le dieron la estocada final a esta teoría.

> **Redi y los gusanos...**
>
> El italiano Francisco Redi colocó dentro de un frasco de vidrio destapado un trozo de carne. Hizo lo mismo en un segundo frasco pero a éste último lo tapó. Esperó varios días y al revisar los frascos observó que en el frasco destapado había gusanos mientras que en el frasco tapado no.

Su experimento demostraba la generación espontánea no era posible. Sin embargo, algunos científicos criticaron su experimento diciendo que no se había formado vida pues simplemente al estar el frasco tapado no hubo aire suficiente.

El astuto Redi repitió el experimento. Pero en esa oportunidad, en vez de colocarle a uno de los frascos una tapa, cubrió su boca con una gasa. Nuevamente no aparecieron gusanos en ese frasco.

Redi pudo establecer que los gusanos aparecían sobre la carne sólo si las moscas podían llegar a ella y depositar allí sus huevos. Al estar el frasco tapado, esto no era posible.

Sin embargo, la idea de la generación espontánea no pudo ser desterrada del pensamiento de la época. Particularmente, con referencia a los microorganismos. Hacia el 1800, la Academia de Ciencias de París ofrecía un premio para el investigador que pudiera solucionar esta antigua disputa.

Pasteur indiscutible

Louis Pasteur logró demostrar que en el aire existen microorganismos que al entrar en contacto con los diferentes líquidos orgánicos podían reproducirse, pero de ninguna manera se originaban en los recipientes.

Sus resultados no dejaron lugar a dudas, pero nos dejaron también con un gran interrogante entre manos: una explicación sobre el origen de la vida.

No existen opiniones unánimes con respecto a este tema. Sin embargo se han propuesto distintas hipótesis para tratar de explicarlo.



ACTIVIDAD 1

Leé el siguiente texto:

La Tierra se condensó a partir de gas y polvo interestelares hace 4 600 millones de años. Seguramente en esa época, no podríamos reconocer a ese planeta como el nuestro pues las condiciones ambientales eran muy diferentes a las actuales. Por ejemplo la atmósfera primitiva estaba formada por dióxido de carbono ($CO2$), nitrógeno, metano, dióxido de azufre, metano y ácido clorhídrico. No había rastros del oxígeno.

Sabemos por los fósiles que el origen de la vida se produjo poco después, hace quizás unos 4 000 millones de años, en las lagunas y océanos de la Tierra primitiva.

En aquellos primeros días, los relámpagos y la luz ultravioleta del Sol descomponían las moléculas simples, ricas en hidrógeno, de la atmósfera primitiva, y los fragmentos se recombinaban espontáneamente dando moléculas cada vez más complejas.

Los productos de esta primera química se disolvían en los océanos, formando una especie de sopa orgánica cuya complejidad crecía paulatinamente, hasta que un día, por puro accidente, apareció una molécula que fue capaz de hacer copias bastas de sí misma, utilizando como bloques constructivos otras moléculas de la sopa. Éste fue el primer antepasado del ácido desoxirribonucleico, el ADN, la molécula maestra de la vida en la

Tierra. Contiene las instrucciones hereditarias necesarias para hacer un organismo dado.

Cada forma viva de la Tierra tiene un conjunto distinto de instrucciones, escrito esencialmente en el mismo lenguaje. La razón por la cual los organismos son diferentes es la diferencia existente entre sus instrucciones de ácido nucleico.

*A medida que pasaba el tiempo, llegaron a unirse entre sí moléculas con funciones especializadas, constituyendo una especie de colectivo molecular: la primera **célula**".*

Adaptado de Carl Sagan, Cosmos.

Después de la lectura:

En las siguientes frases, tachá la palabra que no corresponda:

a) La atmósfera primitiva **tenía/no tenía** oxígeno.

b) La acción de los relámpagos favorecía la formación de moléculas **sencillas/complejas**.

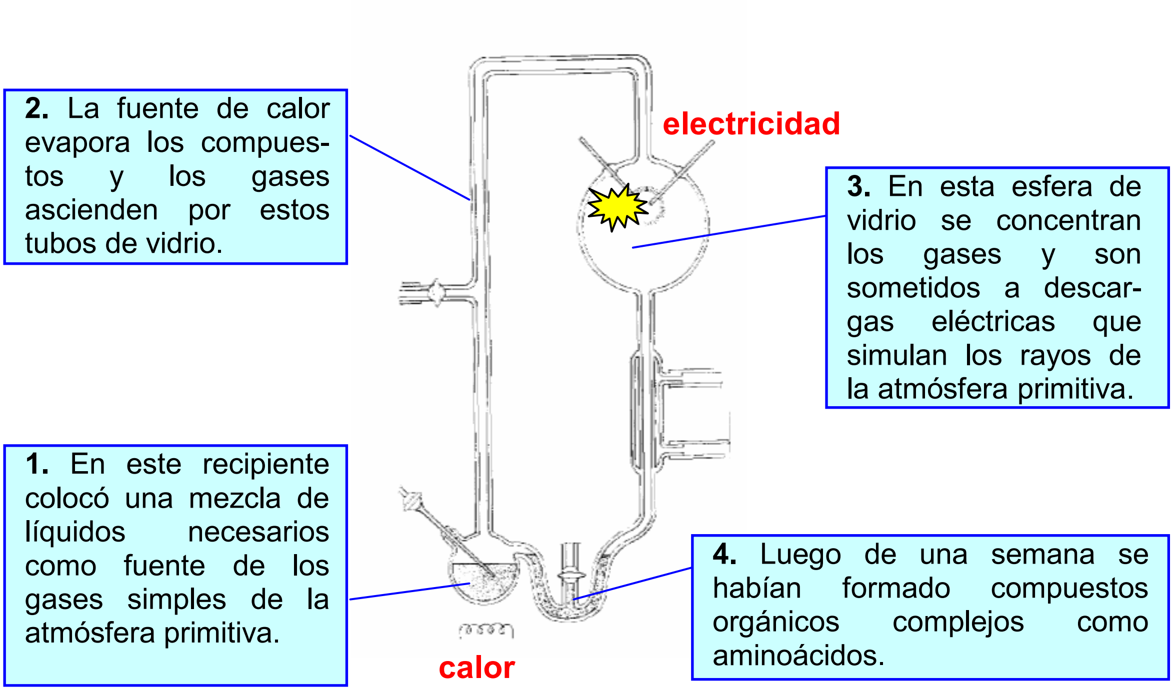
c) Las moléculas se formaban en **la atmósfera/los océanos**.

d) Las primeras células se originaron en **la atmósfera/los océanos**.

De la hipótesis a la experimentación

En 1922 el bioquímico ruso Alexander I. Oparin publicó la hipótesis de la "sopa biológica" que fue el caldo primitivo que permitió la formación de los agregados moleculares, a los que llamó coacervados, que luego darían origen a los primeros seres vivos.

En 1952, el científico Stanley Miller realizó un experimento en el que trató de recrear dentro de un recipiente de vidrio la composición de gases de la atmósfera primitiva.



Este experimento demostró que la teoría de Oparin podía ser posible. Es probable que en las condiciones de la atmósfera primitiva se formaran compuestos orgánicos complejos a partir de compuestos inorgánicos simples.

Otras voces en este coro

El origen de la vida es un tema que siempre ha desvelado a más de un científico. Entre ellos, Alfred Hoyle, que desarrolló una hipótesis alternativa a la de Oparin y propuso que los primeros compuestos orgánicos llegaron a la Tierra transportados por meteoritos.

Nuestro planeta es constantemente bombardeado por meteoritos que llegan desde lejanos lugares de nuestro Sistema Solar. Por esta razón, se analizó detenidamente el meteorito Murchinson, que cayó en Australia en 1969, en búsqueda de compuestos orgánicos.

Este estudio confirmó la presencia de grandes cantidades de compuestos orgánicos en la composición de los meteoritos.

Estudios posteriores han demostrado que los cometas poseen una elevada cantidad de materia orgánica. Es probable, entonces, que los meteoritos que chocaron con la Tierra hayan aportado los compuestos químicos que más tarde permitieron la formación de las primeras formas de vida.

Oparin + Hoyle

Hoy aceptamos que ambas teorías pueden ser posibles. Se sugiere entonces que en los primeros días de la Tierra, apenas 200 millones de años de su formación, por acción de diversos factores, formación en la atmósfera y llegada en meteoritos, comenzaron a originarse los bloques que hicieron posible la generación de moléculas orgánicas.

En algún momento se formó una molécula que se distinguió del resto pues tenía la capacidad de autoreproducirse, es decir podía fabricar copias de sí misma. Probablemente haya sido una molécula de ARN. Luego su rol protagónico fue apagado por la aparición de moléculas de ADN, más complejas.

De allí a la formación de las primeras células existe una verdadera incógnita. Probablemente hayan sido organismos muy simples a partir de los cuales se originaron todos los que conocemos hoy en día.

Evolución biológica

Hoy la palabra “evolución” es muy utilizada en distintos ámbitos, pero hace 200 años este vocablo casi no existía. La idea de cambios, sobre todo los cambios en los seres vivos, no cruzaba por la cabeza de la gente de la época.
El pensamiento prevaleciente estaba dominado por la **Teoría Fijista** o **Fijismo**, que sostenía que todas las formas de vida eran inmutables, es decir no cambiaban. Estas ideas fueron reforzadas por la **teoría creacionista** de los adeptos a la religión judeo-cristiana, según la cuál todos los seres vivos son tal cual los hubo diseñado el Creador.
Sin embargo, los numerosos y cada vez más frecuentes hallazgos de fósiles (que demostraban que no todo era inmutable pues existieron, en otras épocas, formas de vida diferente a las conocidas) y las tenues voces de naturalistas que comenzaron a hablar de la posibilidad del cambio permitieron la aparición de un pensamiento evolucionista.

Aristóteles (384 – 322 a.C.) fue un sabio griego que ejerció una influencia muy importante sobre el conocimiento occidental.
Sostenía que todos los seres vivos estaban organizados en una **Escalera Natural** según su grado de perfección. La materia inanimada y los organismos más simples se encontraban en los escalones más bajo, mientras que los organismos más complejos estaban ubicados en los escalones más eleva-dos. El hombre era considerado como la corona de la creación ocupando el lugar más elevado.

Lamarck: la primera explicación evolucionista

En 1809 el naturalista francés Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet, caballero de Lamarck publicó un tratado sobre invertebrados y paleontología (*Filosofía zoológica)* en el que proponía la primer teoría científica que intentaba explicar cómo y por qué evolucionaban los seres vivos.

Los principios de la teoría de Lamarck

Según Lamarck, los cambios que lentamente se producen en el ambiente crean en los seres vivos nuevas ***necesidades fisiológicas***, por las cuales las especies, guiadas por algo así como un ***“impulso vital*** o ***interno”*** para alcanzar la perfección, modificarían sus costumbres o conductas.

En las nuevas condiciones del ambiente, se produciría el desarrollo de aquellos órganos que más se usan. En cambio, si no existiera la necesidad, los órganos que no se usan desaparecerían o se atrofiarían (***la función crea al órgano***).

Además Lamarck sostenía que las modificaciones inducidas por el ambiente se transmitirían de padres a hijos (***herencia de caracteres adquiridos***) y así, con la acumulación de cambios a lo largo del tiempo, resultaría una nueva especie.



ACTIVIDAD 2

De acuerdo con el pensamiento de Lamarck la evolución de un animal como la jirafa podría ser relatada de la siguiente manera:

Un cambio en el ambiente, como por ejemplo la disminución de las hojas de las ramas bajas de los árboles, provocó una alteración en la conducta de las jirafas (que por entonces tenían cuello corto).
Ante las nuevas condiciones surge la necesidad de estirar el cuello para alcanzar las ramas con hojas. El constante uso del cuello promueve su crecimiento.
Este cambio adquirido es transmitido a los descendientes, quienes, a su vez, deberán esforzarse también por alcanzar las ramas cada vez más altas.
De esta manera las jirafas adquirieron un cuello tan largo.

Identificá y señalá con colores los distintos principios que rigen la teoría de la evolución de Lamarck.

La evolución según Darwin y Wallace

Charles Darwin fue un naturalista británico que no estaba convencido por la teoría lamarckiana de la evolución. Según él, no existían pruebas suficientemente concluyentes para aceptar esta teoría.

En 1831 logró embarcarse a bordo de la fragata HMS Beagle en un viaje de exploración y descubrimiento alrededor del mundo que duró cinco años.

Durante la travesía recolectó enormes cantidades de materiales y realizó incontables observaciones de la vida natural en muchos lugares. Pero mientras duró su expedición no pudo darse cuenta de que tenía todo lo necesario para formular una nueva teoría de la evolución.

A su regreso en Inglaterra, comenzó a construir el gran rompecabezas que representaban todas

Influencias de Darwin
Dos años después de su regreso, Darwin comenzó a leer el libro ***Ensayo sobre el principio de la población***, escrito en 1798 por el clérigo y economista Thomas Malthus. En éste se sostenía que dado el enorme crecimiento de la población humana con respecto

sus muestras del viaje y empezó a descifrar el mecanismo responsable de impulsar la evolución de los seres vivos.

Darwin tardó más de veinte años en dar a conocer su nueva teoría. Sentía pánico por la reacción de la sociedad frente a un pensamiento tan revolucionario para la época. En cartas que dirigía a sus amigos dejó este miedo reflejado al escribir: *"... el simple hecho de pensar en la evolución era como confesar un asesinato"*.

Wallace entra a escena

En 1854 Alfred Russell Wallace realizó una expedición a Malasia e Indonesia. Era un naturalista dedicado al estudio de la distribución de la flora y fauna. Durante un ataque de paludismo que lo mantuvo en cama por unas semanas llegó a la conclusión de la que la **selección natural** impulsaba la evolución. Wallace, al igual que Darwin, había leído la obra de Malthus sobre la población humana.

En 1858 le escribió a Darwin sobre su hallazgo y le pedía opinión al respecto.

Darwin quedó asombrado por la coincidencia entre las reflexiones de Wallace y su propio trabajo. Luego de veinte años de juntar pruebas y esbozar una y otra vez ensayos sobre la evolución (que nunca fueron presentados en sociedad) un joven, en un alejado rincón del planeta, estaba por arrebatarle sus ideas. Peor aún, este joven lo había elegido a él para aconsejarlo en cómo continuar con el trabajo.

Encerrado en este dilema moral le escribió a un científico amigo: *"Jamás he visto una coincidencia tan asombrosa. Toda mi originalidad quedará hecha añicos..."*

Por consejo de sus amigos se organizó una presentación conjunta de sus hallazgos sobre la selección natural como el mecanismo impulsor de la evolución. Darwin y Wallace presentaron su trabajo en 1858 ante la Sociedad Linneana de Londres, un centro que reunía los científicos más respetables de la época.

Los principios de la teoría de Darwin-Wallace

Esta teoría se basa en tres principios:

La naturaleza es muy fecunda pues nacen muchos más animales y plantas de los que pueden llegar a sobrevivir. El ambiente no puede sostener a todos los individuos y se genera una lucha por la existencia, donde muchos mueren en forma precoz (***Superproducción de la naturaleza***).

Los individuos de una especie presentan pequeñas variaciones que los hacen diferentes entre sí. Las variaciones aparecen al azar y son transmitidas a los descendientes (***Variabilidad de la descendencia***)

Los individuos con variaciones favorables están mejor adaptados al ambiente y tienen mayores probabilidades de supervivencia. Al vivir más tiempo pueden dejar un mayor número de descendientes que heredan sus variaciones favorables. Por lo tanto, el medio ambiente selecciona las variedades que son, accidentalmente, más adecuadas para sobrevivir (***Selección natural***).

Una forma de comprender la selección natural sería la siguiente: el hombre desde los primeros tiempos de la civilización ha buscado las plantas y animales que necesitaba para su supervivencia. En su búsqueda seleccionaba y hacía reproducir a los mejores ejemplares. Con el tiempo obtenía nuevas variedades con características mucho más sobresalientes que las de los especímenes originales. Por ejemplo, el trigo o el maíz se han cultivado por diez mil generaciones para que sean más gustosos y nutritivos que sus escuálidos antepasados; han cambiado tanto que sin la intervención humana no pueden ni reproducirse. Otro caso es el de las ovejas. Diez mil años atrás la lana, o más bien ese pelo duro que brindaban, con suerte llegaba al kilo. Hoy en día pueden dar diez o quince kilos de una pelusa suave y uniforme. También podemos mencionar las distintas variedades de perros (todos descendientes de los primeros ejemplares que comenzó a domesticar el hombre hace más de 8000 años) o las vacas lecheras.

Si la selección que realizó el hombre, o **selección artificial**, puede provocar cambios tan grandes en un período de tiempo tan corto a escala geológica, la **selección natural** trabajando durante miles de millones de años puede generar, y de hecho lo hizo, toda la diversidad biológica que existe en el planeta.



ACTIVIDAD 3

a) Establecé la diferencia entre selección natural y artificial.

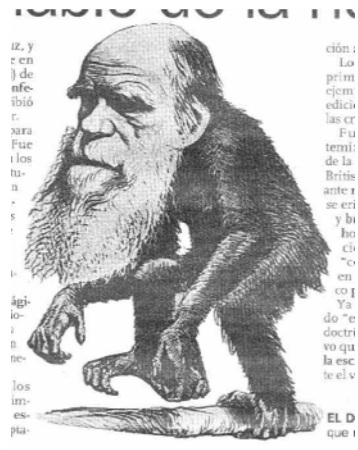
b) ¿Cómo explicaría Darwin la evolución del cuello de la jirafa?

El gran debate comienza

Luego de la presentación ante la Sociedad Linneana, no hubo ningún revuelo sobre este nuevo mecanismo evolutivo. Es más, el presidente de la Sociedad, al finalizar el período anual dijo que durante ese año no se habían presentado trabajos que se destacasen sobre el resto.

Pero un año después, en 1859, cuando Darwin publicó su famoso libro *El origen de las especies por medio de la selección natural*, se generó un fuerte debate que enfrentó no sólo a los científicos sino a toda la sociedad.

Al presentar su teoría Darwin procuró tener mucho cuidado de no referirse a la evolución del hombre. Sin embargo, los grupos más opositores dedujeron que Darwin promovía que los humanos descienden de los monos (nada más lejos de la verdad). Es recordado un debate realizado en 1860 entre el obispo Samuel Wilbeforce, deseoso de "hundir a Darwin" y Thomas Henry Huxley, el "bulldog de Darwin" (por la encarnizada defensa que prestaba a la teoría evolucionista). En ese debate, palabras más, palabras menos, el obispo Wilberforce le preguntó irónicamente a Huxley: "Usted, ¿desciende del mono por línea materna o paterna?". A lo que Huxley respondió: Preferiría descender de dos simios que de un hombre que utiliza estos argumentos en un debate científico. El público enardeció (algunas mujeres se desmayaron) y la primer batalla por la evolución se había ganado.



Caricatura de Charles Darwin aparecida en un periódico de la época.

La idea de cambios o evolución de los seres vivos logró imponerse gracias a Darwin y sus seguidores pero la teoría de la selección natural no fue bien aceptada.

Una de las principales objeciones realizadas a la teoría darwiniana fue la falta de una explicación sobre el origen de las variaciones en las características de los seres vivos y su transmisión a la descendencia.

La clave pasa de largo

Durante los años de más intensos debates sobre la evolución, un monje llamado Gregor Mendel presentó en 1866 un trabajo sobre las leyes que dictaban la transmisión de las características de generación en generación, más tarde conocidas como las ***leyes de la herencia de Mendel***. Pero su

trabajo pasó completamente inadvertido para los hombres de ciencia de la época. Un hallazgo que sin dudas hubiera echado luz sobre la discusión académica sobre la evolución.

Recién en el 1900 sus leyes fueron sacadas del olvido por el holandés Hugo de Vries y dieron lugar al nacimiento de una nueva rama de la biología conocida como genética.

Nace una nueva teoría

Hacia 1940, los aportes de diversos científicos como Theodosius Dobzhansky, Ernst Mayr, Julian Huxley y George Gaylord Simpson permitieron el nacimiento de una nueva teoría evolutiva que reunía los conocimientos sobre los mecanismos de la evolución conocidos hasta el momento. Por esta razón fue denominada **Teoría Sintética de la Evolución**.

Esta teoría se basa en los siguientes principios:

Poblaciones: la evolución actúa en el ámbito de las poblaciones y no sobre los individuos que la componen.

Genes: las características de los individuos se encuentran almacenadas en estructuras llamadas **genes**. En una población existen diferencias entre los individuos debido a que, para una determinada característica, pueden existir distintos genes.

Mutaciones: la información genética, almacenada en el ADN, puede sufrir alteraciones fortuitas llamadas mutaciones. Las mutaciones pueden ser beneficiosas, perjudiciales o neutras para el organismo.

> Para la característica "*color de cabello*", en la especie humana existen diferentes genes: negro, rubio, castaño, pelirrojo.
> Como todos estos genes contienen información para la misma característica se denominan **alelos**.
> Lo mismo ocurre por ejemplo con el color de ojos y muchos otros rasgos corporales.

Selección natural: aquellos individuos que presenten un conjunto de genes (genotipo) que determinen una ventaja adaptativa tendrán mayores probabilidades de sobrevivir y pasarán sus genes a la siguiente generación.

¿Podemos "ver" la evolución?

La evolución de las especies es un proceso lento que ocurre a lo largo de miles de millones de años. Pero, si bien no podemos "ver" a la evolución actuando podemos ver sus consecuencias.

Como resultado del proceso evolutivo se ha formado la gran diversidad de seres vivos que hoy habitan la Tierra (incluidos aquellos que ya se han extinguido y de los cuales sólo nos quedan los registros fósiles).

Los científicos, en su afán de estudio y clasificación, los han dividido en cinco grandes grupos o Reinos: *Metazoa* (Animal), *Metaphyta* (Vegetal), *Fungi* (Hongos), *Protistas* y *Moneras*.

CLAVE DE CORRECCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 1

Después de la lectura:

a) La atmósfera primitiva ~~tenía~~/**no tenía** oxígeno.
b) La acción de los relámpagos favorecía la formación de moléculas ~~sencillas~~/**complejas**.
c) Las moléculas se formaban en **la atmósfera**/~~los océanos~~.
d) Las primeras células se originaron en ~~la atmósfera~~/**los océanos**.

ACTIVIDAD 2

Un cambio en el ambiente, como por ejemplo la disminución de las hojas de las ramas bajas de los árboles, provocó una alteración en la conducta de las jirafas (que por entonces tenían cuello corto).
Ante las nuevas condiciones surge la necesidad de estirar el cuello para alcanzar las ramas con hojas. El constante uso del cuello promueve su crecimiento.
Este cambio adquirido es transmitido a los descendientes, quienes, a su vez, deberán esforzarse también por alcanzar las ramas cada vez más altas.
De esta manera las jirafas adquirieron un cuello tan largo.

Necesidades fisiológicas.
Uso y desuso de los órganos.
Herencia de caracteres adquiridos.

ACTIVIDAD 3

a) La selección artificial es la que realiza el hombre sobre los seres vivos para conseguir los mejores especimenes que cubran sus necesidades. En cambio la selección natural es la que realizan diferentes factores de la naturaleza (clima, predadores, disponibilidad de alimentos, etc.) sobre los organismos mejor adaptados al ambiente.

b) Según Darwin en una población de jirafas (con cuello corto), nacerían individuos con pequeñas variaciones al azar en el largo de los cuellos. Aquellos que tuvieran el cuello un poco más largo que los demás, tendrían una ventaja adaptativa que les permitiría sobrevivir más y tener mayor número de descendientes. Estos, a su vez, tendrían hijos con nuevas variaciones fortuitas en el largo del cuello y serían seleccionados naturalmente. La acumulación de

estas variaciones y selección a lo largo del tiempo es la responsable de los cambios en la especie, que ahora tiene cuello largo.